

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-171020

(43) 公開日 平成8年(1996)7月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所  
G 0 2 B 6/00 3 0 1  
6/122  
6/42

G 0 2 B 6/ 12 A

H 0 1 L 31/ 02 C

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-314786

(22) 出願日 平成6年(1994)12月19日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 三富 修

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 柴田 泰夫

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

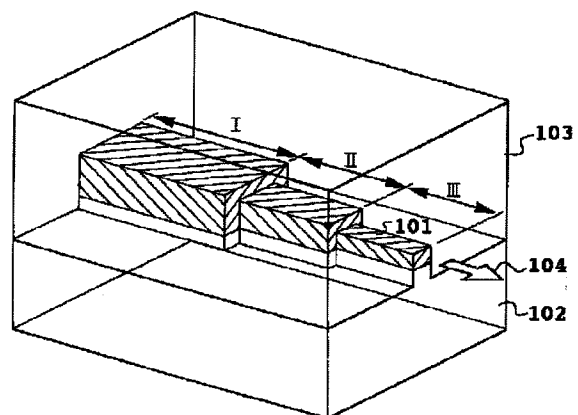
(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光結合デバイス

(57) 【要約】

【目的】 異なる2つの光機能素子、特に複数のデバイスを集積化した光機能素子間を低損失で光結合をとり、しかも製作の容易な光結合デバイスを提供する。

【構成】 スポットサイズ変換部の光導波路コア部の寸法をステップ状に変化させて構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに異なった構造で光波のスポットサイズが異なる光機能デバイスを相互に低損失で光結合する光結合デバイスであって、

前記光機能デバイスの一方から光波を他方の光機能デバイスへ伝送する少なくとも一本の光導波路を有し、該光導波路のコアが少なくとも幅もしくは厚さの一方がステップ状に径寸法が変化していることを特徴とする光結合デバイス。

【請求項2】 前記光機能デバイスの一方とモノリシックに形成されていることを特徴とする請求項1に記載の光結合デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光導波路を伝わる光波のスポット径を低損失で変換する光結合デバイスの構成に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体レーザダイオードや半導体光スイッチ等の半導体光導波路デバイス（一方の光機能デバイス）と、単一モード光ファイバ（他方の光機能デバイス）との間を光結合させる場合、光導波路デバイスの端面と光ファイバとを直接に突合せ結合（バットジョイント）させると、互いの光導波路光波のスポットサイズが異なっているために、直接突合せ部の結合損失が問題になる。通常、半導体光導波路デバイスの光波スポットサイズ（モード半径： $W$ ）は $1\mu\text{m}$ 程度であり、これに対して光ファイバのスポットサイズは約 $5\mu\text{m}$ であるので、この場合の結合損失は約 $10\text{dB}$ になる。そこで、従来は、レンズによってスポットサイズを変換することによって、光半導体デバイスと光ファイバとの結合損失を低減化する方法が、一般にとられている。

【0003】複数のレーザダイオードを形成した光機能素子とアレー光ファイバとの間を、1個のレンズで光結合させる場合について、従来の光結合デバイスの構成例を図9に示す。図9において、符号500は光機能素子、502、503は半導体基板、501はレーザダイオードの活性領域（光導波路コア部）、504は光波、509はレンズ、510は光ファイバ、511は複数（図では4本）の光ファイバ510を一定間隔で固定するためのV-グループアレーである。このような構成においては、光機能素子500の集積規模が大きくなるに従って、レンズ509の収差等の影響により、結合損失が大きくなるために、1個の半導体基板に集積できる光機能素子部の個数に制限があった。

【0004】図10に示すような、テーパ状の光導波路により光のスポットサイズを変換する光結合デバイスを、レンズの代わりとして用いることにより、レーザダイオードと光ファイバとの間を低損失に光結合させる方法がある。図10は、従来の光結合デバイスの上面図で

あり、図11は同光結合デバイスの側断面図であり、図12は同光結合デバイスの動作原理を説明するための特性図である。図に示すように、光導波路を形成するコア601は上から見るとテーパ状に入力側から出力側に縮径しており、側面から見ると上面部が下方に傾斜して出力側に向かって縮径している。この時のコア601の入力側の幅寸法を $w_i$ 、厚さ寸法を $t_i$ で示し、同コア601の出力側の幅寸法を $w_o$ 、厚さ寸法を $t_o$ で示す。なお、602、603はクラッド層であり、612は入力光、604は出力光である。このような構成の光結合デバイスにおいては、スポットサイズ $W$ とコアの大きさ（ $t$ 、 $w$ ）との関係を示した図12から分かるように、光導波路のコア601の比屈折率差 $\Delta n = (n - n_i) / n_i$ 、ここで、 $n_i$  および  $n$  はそれぞれクラッド602、603、およびコア601の屈折率であるを一定の大きさに固定した場合、コア601の厚さ $t$ 、もしくは幅 $w$ を0から次第に大きくしていくと、導波光（基本モード光）のスポットサイズ $W$ は、無限の大きさから次第に小さくなり、極小値をとった後、再び大きくなる関係がある。ここで、 $t$ 、 $w$ が大きくなり過ぎると、多モード光導波路になり、高次モード変換による損失が大きくなるために、通常、この領域の寸法は用いられない。この関係を利用して、光結合デバイスのコア601の大きさ $t$ および $w$ の設計においては、光入射端側（レーザダイオードとの結合側）では、レーザダイオード光612のスポットサイズ（約 $1\mu\text{m}$ ）と同程度のスポットサイズ $W_i$ を与える寸法 $w_i$ 、 $t_i$ （＝数 $100\text{nm}$ ～数 $\mu\text{m}$ ）に、光出射端側では、光ファイバのスポットサイズ（約 $5\mu\text{m}$ ）と同程度の大きさ $W_o$ を与える寸法 $t_o$ 、 $w_o$ （＝数 $10\text{nm}$ ～数 $\mu\text{m}$ ）に設定すればよい。また、コア601の大きさがテーパ状になっている領域の長さ $L$ は、放射による損失を低減するために、数 $10\mu\text{m}$ から数 $\text{mm}$ 以上の長さに設定される。しかし、このようなテーパ状導波路を形成するには、例えば、選択成長技術あるいは複雑かつ高精度なプロセス技術を要し、製作上に困難性があった。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、前記事情に鑑みてなされたもので、その課題は、異なる2つの光機能素子、特に複数のデバイスを集積化した光機能素子間を低損失で光結合をとり、しかも製作の容易な光結合デバイスを提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明では、スポットサイズ変換部の光導波路コア部の寸法をステップ状に変化させて構成することにより、低損失な結合特性を得るとともに製作性を改良した光結合デバイスを実現可能としている。

【0007】すなわち、本発明の請求項1の光結合デバイスは、互いに異なった構造で光波のスポットサイズが

異なる光機能デバイスを相互に低損失で光結合する光結合デバイスであって、前記光機能デバイスの一方から光波を他方の光機能デバイスへ伝送する少なくとも一本の光導波路を有し、該光導波路のコアが少なくとも幅もしくは厚さの一方がステップ状に径寸法が変化していることを特徴とする。

【0008】また、本発明の請求項2の光結合デバイスは、前記請求項1の光結合デバイスにおいて、光機能デバイスの一方とモノリシックに形成されていることを特徴とする。

【0009】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例と原理を詳細に説明する。

【0010】（実施例1）図1ないし図3は、本発明による光結合デバイスの第1の実施例を示すものであり、スポットサイズ変換を2段階で縮径した構造の光導波路で行う場合の本発明の光結合デバイスの基本構成を示している。図1は本光結合デバイスの斜視図、図2は本光結合デバイスの側断面図、図3は同光結合デバイスの上面図である。図中、符号101は光導波路のコア、102はn形半導体基板、103は埋め込み層あるいはp形半導体層であり、これらn形半導体基板102およびp形半導体層103は光導波路のクラッド領域になる。図中の領域Iは半導体レーザや光変調器あるいは光スイッチ等の光機能素子部である。また、領域IIおよびIIIは、スポットサイズ変換機能を有する光導波路であり、領域Iの光導波路の光波スポットサイズを段階的に徐々に変化させ、光出射端面に接続される光機能デバイス（例えば光ファイバ）との結合損失が小さくなるようにしている。104は出射光である。

【0011】ここで、領域IIおよびIIIのコアの幅と厚さは、図2、図3に示すように、それぞれ、 $w_2$ 、 $t_2$ 、 $w_3$ 、 $t_3$ である。これらの領域IIおよびIIIにおける光スポットサイズは、幅 $w_1$ 、厚さ $t_1$ の領域Iの光導波路のスポットサイズと、結合しようとする光ファイバのスポットサイズとの中間の大きさになるように、設定される。また、領域II、IIIの導波路長 $L_2$ 、 $L_3$ は、それぞれの領域における伝搬光がそれぞれの定常導波モードに近い状態になるのに必要な長さに設定すればよく、通常、数10 $\mu\text{m}$ から数mmの長さにすれば、本発明の効果が得られる。

【0012】（実施例2）図4および図5は、本発明による光結合デバイスの第2の実施例である。図4は同デバイスの側断面図、図5は同デバイスの上面図である。図中、符号202はn形InP基板、203はiもしくはp形InP層であり、205、206、207はInGaAsP等で構成される光導波路のコアである。また、208は段階的に縮径しているコアの厚さ $t_2$ 、 $t_3$ を選択エッチング法にて形成する時に使用されたInPストップ層である。ここでは、領域IIIの光導波路

と、結合しようとする光ファイバとの間の結合損失が最小になるように、領域IIIの光導波路の寸法 $w_3$ 、 $t_3$ が設定され、さらに領域Iと領域IIとの結合損失が最小になるように、領域IIの光導波路の寸法 $w_2$ 、 $t_2$ が設定される。なお、光導波路製作プロセスを容易にするために、コア205、206、207の幅は、全領域で同一の大きさ $w$ （ $=w_1=w_2=w_3$ ）にしてある。この点が本実施例の特徴の一つである。

【0013】図6、図7は、前記第2の実施例において、本発明の効果を説明するための図であり、領域IIおよびIIIの光導波路の最適コアの厚さ $t_2$ および $t_3$ と、光ファイバ結合損失との関係を示したグラフである。これらのコアの厚さ $t_2$ および $t_3$ は、有限要素法を用いたスカラー波近似解析による計算値である。ここでは、波長 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ 用で、スポット半径 $W_f=4\mu\text{m}$ の光ファイバに結合させ、コア205、206、207として、1.3 $\mu\text{m}$ 組成のInGaAsPを用いた場合を示している。また、領域Iの光機能素子部のコア寸法は $w_1=1.5\mu\text{m}$ 、 $t_1=0.3\mu\text{m}$ とした。図6は、領域IIIの光導波路のコアの最適寸法 $t_3$ 、 $w_3$ を設計するための計算結果である。この結果より、 $w_3=1.5\mu\text{m}$ とした時、最適コア厚 $t_3$ は、 $t_3=700\sim 800\text{\AA}$ 程度にすればよく、その時の光ファイバとの結合損失は約1dBの特性になる。図7は、 $w=1.5\mu\text{m}$ 、 $t_1=0.3\mu\text{m}$ 、 $t_3=800\text{\AA}$ とした時に、領域IIの最適コア厚 $t_2$ の設計に関する計算結果を示したものである。図7より、 $t_2=1.2\sim 1.3\mu\text{m}$ 程度に設定すると、領域I～光ファイバ間の結合損失の総和が最小になり、その全結合損失は約3.5dBになる。なお、本発明による光結合デバイスを用いずに、領域Iの導波路端面から光ファイバに直接結合させた時の結合損失は、約9dBである。従って、本発明による光結合デバイスにより、5.5dBの損失改善が可能になることになる。また、この時、光導波路207からの出射光204と光ファイバとの軸ずれトレランスは、光ファイバ同士のトレランスと同程度になるので、光ファイバを実装する時の光デバイスモジュール化が比較的容易になる、という利点も得られる。

【0014】（実施例3）図8は、本発明による光結合デバイスの第3の実施例の側断面図を表し、スポットサイズ変換を領域IIの1段の光導波路で構成した場合を示している。この場合、領域IIにおける光導波路のスポットサイズは、領域Iの光導波路スポットサイズと、結合しようとする光ファイバのスポットサイズとの中間的な大きさになり、領域I～II間および領域II～光ファイバ間の結合損失の総和が最小値になるコアの屈折率 $n$ と寸法 $w_2$ 、 $t_2$ に設定される。従って、前記第2の実施例より光導波路構造が単純であり、製作が容易になる特長がある。例えば、波長 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ で、コア405、406として1.3 $\mu\text{m}$ 組成のInGaAsPを用

い、 $w (=w_1 =w_2) =1.5 \mu\text{m}$ 、 $t_1 =0.3 \mu\text{m}$ として $W_f =4 \mu\text{m}$ の光ファイバに結合させる場合、領域IIの光導波路のコアの厚さ $t_2$ を $0.12 \mu\text{m}$ 程度にすると、領域I～光ファイバ間の全結合損失は4.2 dB程度になり、低損失な結合特性を実現できる。なお、この場合の光導波路406からの出射光404に対する光ファイバの軸ずれトレランスも、前記第2の実施例とほぼ同等の特性が得られ、光ファイバ固定のためのモジュール化が容易になる。

【0015】以上の実施例では、光結合デバイスとして1段もしくは2段の光導波路で構成した例を説明したが、さらに多段の光導波路を用いて同様に構成すれば、低損失なスポットサイズ変換が可能である。また、光導波路のコアの屈折率 $n$ が均一の材料を用いた場合を説明したが、例えば、多重量子井戸層を用い、井戸層、障壁層の材質および厚さを選択することにより、任意にその実効的屈折率を設定できる。

【0016】また、以上の実施例では、光出射端側のコアの寸法 $w$ 、 $t$ を領域Iの導波路の寸法 $w_1$ 、 $t_1$ より小さくして、光波のスポットサイズを拡大する場合について説明したが、例えば、 $w$ をより広くし、 $t$ を極端に薄くしたコアを構成してスポットサイズを変換しても良い。

【0017】また、本発明は、半導体デバイス以外に、例えば $\text{LiNbO}_3$ 等の強誘電体材料や $\text{SiO}_2$ 等のガラス材料、あるいは有機材料等を利用した光デバイスに適用できることは自明である。

【0018】本光結合デバイスは、半導体材料で構成できるので、例えば、半導体レーザや光変調器、レーザダイオードアンプ、光スイッチ等の光機能素子の光入出射端部に、本結合デバイスを同一基板上にモノリシック集積化した光デバイスを実現することも可能である。この場合、半導体基板上に、光機能素子導波路を形成する時に、本光結合用導波路を同時に形成する、あるいは光機能素子部を形成した後、互いの導波路を直接突合せるように光結合用導波路を形成しても良い。

【0019】さらに、以上の実施例では、光ファイバを接続する場合について説明したが、この他に、他の半導体光導波路部品、あるいはガラス導波路部品などのあらゆる光導波路部品との接続部に対しても、それら導波路の光スポットサイズに合わせるように、本発明による光結合デバイス導波路の材質、寸法を設定すれば、低結合損失の特性を実現できる。

【0020】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、スポットサイズ変換部の光導波路コア部の寸法をステップ状にして構成することにより、低損失な特性を得るとともに製作性を改良した光結合デバイスを実現可能としている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光結合デバイスの第1の実施例を示す斜視図である。

【図2】本発明による光結合デバイスの第1の実施例を示す側断面図である。

【図3】本発明による光結合デバイスの第1の実施例を示す上面図である。

【図4】本発明による光結合デバイスの第2の実施例を示す側断面図である。

【図5】本発明による光結合デバイスの第2の実施例を示す上面図である。

【図6】本発明の第2の実施例における動作原理および効果を説明するための図であり、コア幅と光ファイバ結合損失との関係を示すグラフである。

【図7】本発明の第2の実施例における動作原理および効果を説明するための図であり、コア厚と光ファイバ結合損失との関係を示すグラフである。

【図8】本発明による光結合デバイスの第3の実施例を示す側断面図である。

【図9】従来の光結合デバイスの概略構成図である。

【図10】従来の他の光結合デバイスの上面図である。

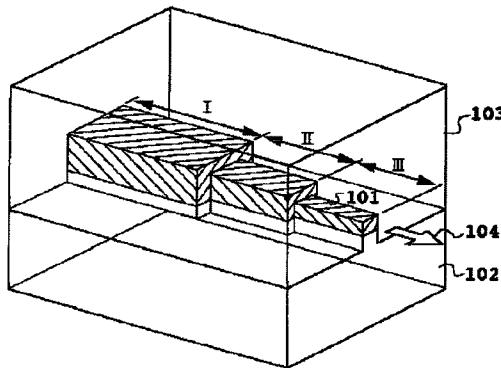
【図11】従来の他の光結合デバイスの側断面図である。

【図12】従来の他の光結合デバイスの特性を示すグラフである。

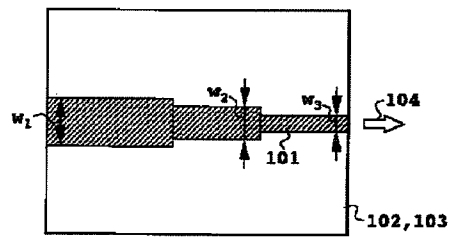
【符号の説明】

101, 501, 601 光導波路コア  
102, 202, 402, 502, 602 クラッド領域を構成するn形半導体基板  
103, 203, 403, 503, 603 クラッド領域を構成するiもしくはp形半導体層  
104, 204, 404, 504, 604 出射光  
205, 206, 207, 405, 406 光導波路コア  
208, 408 ストップ層  
509 レンズ  
510 光ファイバ  
511 V-グループアレー  
612 入射光

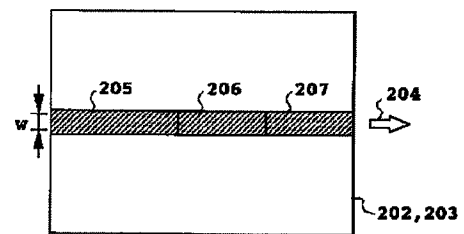
【図1】



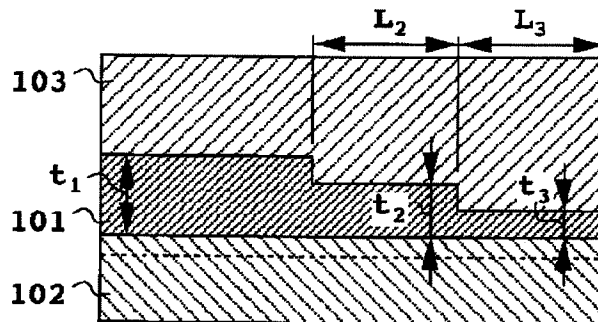
【図3】



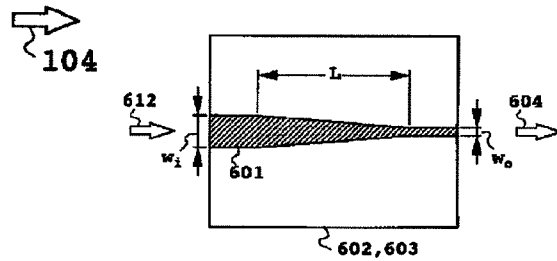
【図5】



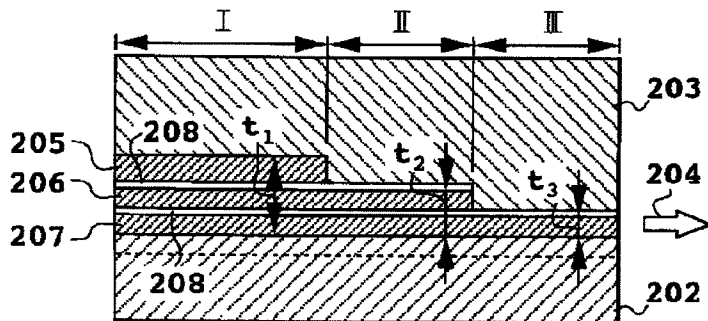
【図2】



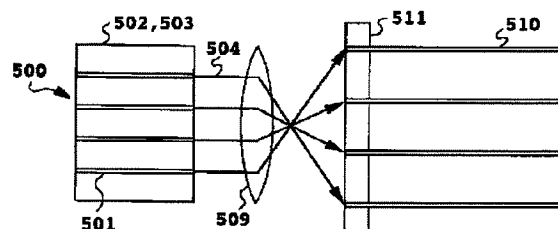
【図10】



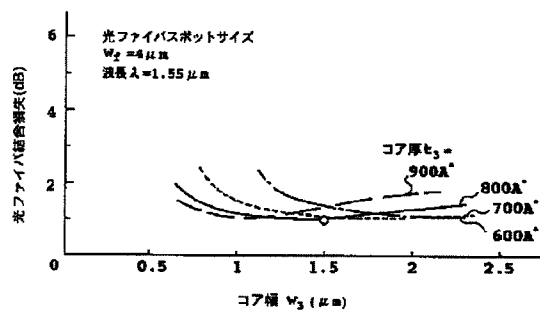
【図4】



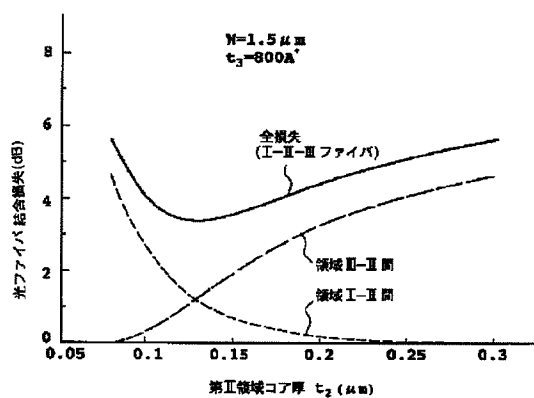
【図9】



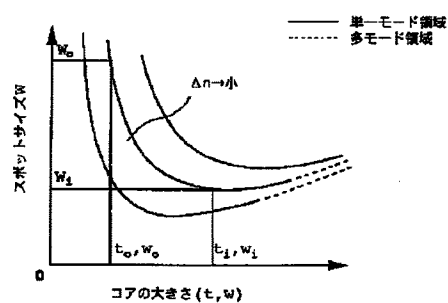
【図6】



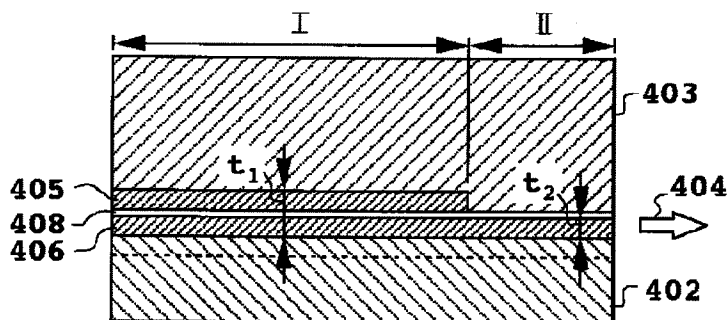
【図7】



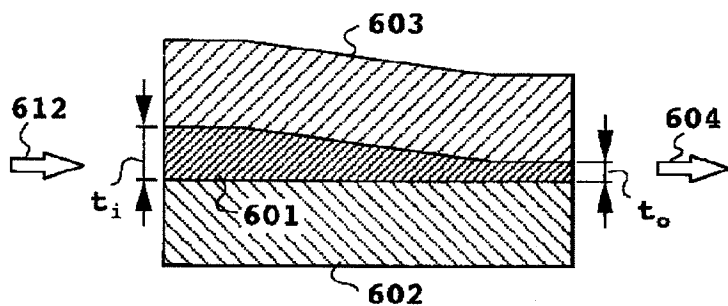
【図12】



【図8】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>  
H01L 31/0232

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所